



(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 100 53 467 A 1

(51) Int. Cl. 7:
H 01 L 21/283
H 01 L 21/768

- (71) Anmelder:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE
- (74) Vertreter:
PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner, 80801
München

(21) Aktenzeichen: 100 53 467.8
(22) Anmeldetag: 27. 10. 2000
(43) Offenlegungstag: 16. 5. 2002

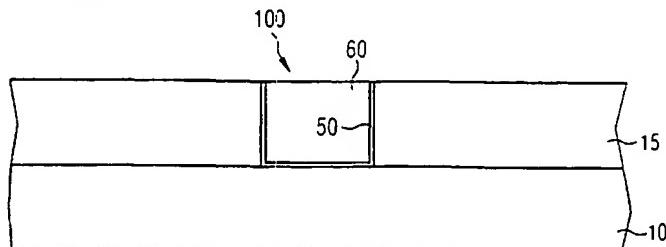
- (72) Erfinder:
Lahnor, Peter, 01109 Dresden, DE; Wege, Stephan,
01097 Dresden, DE; Rogalli, Michael, 84056
Rottenburg, DE
- (56) Entgegenhaltungen:
US 56 58 830
US 53 85 867
US 53 54 712
US 49 81 550

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zum Bilden von Kontakten in integrierten Schaltungen

- (57) Die Erfindung schafft ein Verfahren zum Bilden von Kontakten in integrierten Schaltungen mit den Schritten: Bereitstellen eines Substrates (10) mit einer darüber befindlichen isolierenden Schicht (15), in der ein Kontakt aus einem Kontaktlochmaterial zu bilden ist; Vorsehen einer Hartmaskenschicht (20) über der isolierenden Schicht (15); Strukturieren einer Öffnung (35) in der Hartmaskenschicht (20) gemäß dem zu bildenden Kontakt; Vorsehen einer Spacerschicht (40) in der Öffnung (35) zum Bilden einer Öffnung (35') mit verringertem Durchmesser; Ätzen eines Kontaktloches (45) mittels der Öffnung (35') mit verringertem Durchmesser; Aufbringen einer Linerschicht (50) über der resultierenden Struktur; Aufbringen einer Schicht (60) aus dem Kontaktmaterial über der Linerschicht (50), derart, daß das Kontaktloch gefüllt und die Umgebung davon bedeckt wird; und chemisch-mechanisches Polieren der resultierenden Struktur zum Entfernen der Schicht (60) aus dem Kontaktmaterial, der Linerschicht (50), der Spacerschicht (40) und der Hartmaskenschicht (20) außerhalb des Kontaktlochs (45).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bilden von Kontakten in integrierten Schaltungen.

[0002] Bekannt ist ein Verfahren zum Bilden von Kontakten in integrierten Schaltungen in Form von einem Metall-CMP-Prozess bei dem ganzflächig über einem Kontaktloch abgeschiedenes Kontaktmetall zurückpoliert wird, um den Kontakt zu bilden.

[0003] Insbesondere werden dazu nach der Strukturierung der Kontaktlöcher in einem Dielektrikum, das über einem Schaltungsubstrat liegt, ganzflächig ein in der Regel aus Titan oder einer Titanverbindung (z. B. TiN) bestehender Liner und anschließend eine Metallisierung aus Wolfram auf dem Dielektrikum aufgebracht wird. Im Anschluss daran wird im CMP-Prozess (chemisch-mechanischer Polier-Prozess) das aufgebrachte Material bereichsweise abgetragen. Dieser CMP-Schritt stoppt auf dem Dielektrikum, in dem die Strukturierungen vorhanden sind. Es verbleiben die mit Metall gefüllten Kontaktlöcher.

[0004] Ähnliches gilt für eine Kupfermetallisierung oder sonstige Metallisierung bei der sowohl die Kontaktlöcher, als auch die Leiterbahn vor der Metallabscheidung in das Dielektrikum strukturiert wird.

[0005] Die Vorgehensweise entsprechend dem Stand der Technik ist mit verschiedenen Problemen verbunden:

- Es ergibt sich eine hohe Defektdichte durch CMP-Kratzer, die davon abhängt, wie lange das Dielektrikum poliert wird.
- Es erfolgt eine wesentliche Erosion der Alignmentmarken der Lithographie, was zu Overlay-Fehlern führen kann.
- Durch zu kurzes Polieren im CMP-Prozess können mit Metallreste in der folgenden Metallebene zu Kurzschlüssen führen.
- Defekte in unterliegenden Ebenen (z. B. Kratzer, Löcher) bilden sich im Dielektrikum ab und werden mit Metall gefüllt. Dieses Metall lässt sich im CMP-Schritt nur schwer entfernen und führt später zu Kurzschlüssen.

[0006] Die aufgeführten Nachteile werden dadurch verschärft, dass die Endpunkterkennung des CMP-Prozesses unzuverlässig ist. Weist das Dielektrikum eine Resttopologie auf, so entstehen daraus weitere Nachteile, da eine längere Polierzeit notwendig wird.

[0007] Weiterhin stoßen die Strukturbreiten zukünftiger Halbleitertechnologien immer näher an die Grenze des optischen Auflösbarer bzw. erfordern Hilfstechniken, um die Spezifikationen der Technologien zu erfüllen. Eine solchen Hilfstechnik ist beispielsweise CARL, ein 2-Lack-System, bei dem der obere Lack nach der Entwicklung in einem sogenannten Silylierprozess eine Volumenzunahme erfährt, um so eine Verringerung der Öffnungsweite zu erreichen. Mit dieser verringerten CD (Critical Dimension = kleinste Strukturbreite) wird der untere Lack strukturiert, der anschließend als Maske zur Strukturierung der eigentlichen Schicht genutzt wird. Auf diese Weise können z. B. Kontaktlöcher erzeugt werden, deren Durchmesser unter der physikalischen Grenze des mit der verwendeten Lichtwellenlänge Auflösbar liegen.

[0008] Andere übliche Verfahren nutzen Hartmaskenschichten, deren Strukturbreiten durch Abscheidung einer sogenannten Spacer-Schicht verringert werden. Diese Hartmasken müssen nach der Strukturierung der eigentlichen Schicht mittels RIE (Reactive Ion Etching) oder naßchemisch entfernt werden.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein verbessertes Verfahren zum Bilden von Kontakten in integrierten Schaltungen zur Verfügung zu stellen, welches geringere Strukturbreiten und eine bessere Kontrollierbarkeit des CMP-Prozesses ermöglicht.

[0010] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch das in Anspruch 1 angegebene Verfahren.

[0011] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass durch eine geeignete Hilfsschicht, die vor der Kontaktloch- bzw. Metallbahnätzung auf das Dielektrikum aufgebracht wird, der CMP-Prozess wesentlich verbessert werden kann. Die Hilfsschicht, die sich durch die oxidierenden Verhältnisse beim Metall-CMP-Prozess rückstandslos nasschemisch ätzen lässt oder durch das Polieren sehr entfernt werden kann, verhindert übermäßiges Bearbeiten der Oberfläche des Dielektrikums.

[0012] Die Hilfsschicht kann auch als Durchbruchsschicht bezeichnet werden. Die Hilfsschicht selbst wird dabei vollständig entfernt. Da die Hilfsschicht anfänglich vom Liner und vom Metall vollständig bedeckt ist, kann der Ätzangriff erst dort lokal erfolgen, wo der CMP-Prozess den Liner vollständig entfernt hat. An diesen Stellen erfolgt anschließend eine Unterätzung des Liners.

[0013] Durch die Möglichkeit des Unterätzens des Liners, sobald dieser im CMP-Prozess durchbrochen wird, kann der Liner selbst in der Umgebung wesentlich schneller wegpoliert werden. Dies führt insgesamt zu folgenden Vorteilen:

- der Liner wird zuverlässiger und schneller entfernt, was die Zeit für den CMP-Prozess verkürzt. Als direkte Folge davon verringert sich die Zeit des Überpolierens auf dem Dielektrikum, wodurch die Defektdichte unmittelbar sinkt. In diesem Zusammenhang ist auch der Vorteil zu nennen, dass die Kartenverrundung von Alignmentmarken stark reduziert wird, wodurch eine zuverlässiger und genauere Justierung der Photomasken zur Strukturierung der nächsten Metallebene ermöglicht wird.

- Im Falle einer vorhandenen Topologie im oder auf dem Dielektrikum kann die Gefahr von Linerresten in tieferliegenden Gebieten erheblich reduziert werden. Dies beruht auf der Anhebung des Liners und der Metallisierung durch die darunter liegende Hilfsschicht. Somit sind insbesondere in oberflächlichen Vertiefungen des Dielektrikums der Liner und die Metallisierung vom CMP-Prozess erfassbar.

- Werden durch Defekte aus tiefer liegenden Ebenen lokale Topologien transferiert, so werden diese anstatt mit Metall mit der Hilfsschicht gefüllt. Dadurch kann das Verbleiben von Metallresten, die später zu Kurzschlüssen führen würden, an diesen Stellen vermieden werden.

- Weiterhin kann die Strukturierbarkeit der nächsten Metallebenen positiv beeinflusst werden, indem die Höhe, um die eine Leiterbahn bzw. das Kontaktloch über dem Dielektrikum hinaussteht verringert wird. Dies ist im Zusammenhang mit einer geringeren Defektdichte nach dem Metall-CMP-Prozess zu sehen, wobei sich im daran anschließenden sogenannten Touchup die Menge des zu entfernenden Oxides verringert.

[0014] Gleichzeitig kann diese Hilfsschicht als Hartmaske in Verbindung mit Spacern zur Verringerung der Strukturbreite herangezogen werden. Sie erfüllt also eine Doppelfunktion.

[0015] Der Kern der Erfindung liegt also in der kombinierten Verwendung der Hartmasken- und Spacertechnik zur Verringerung der CD in Kontaktlöchern und als Durch-

bruchschicht für Wolfram-CMP. Insbesondere die Tatsache, daß bei der vorgeschlagenen Prozeßschrittung die Hartmaske nicht in einem eigenen Prozeßschritt vor der Linerabscheidung entfernt werden muß, stellt eine wesentliche Verbesserung dar.

[0016] Weitere Vorteile sind:

- Vermeidung von Zusatzinvestitionen in höher auflösendes Lithographie-Equipment
- Verringern des notwendigen Überpolierens mit positiven Auswirkungen auf die Defektdichte, die Oxidation, die Entpunkterkennung bei CMP und die Alignmentmarkenerkennung bei der anschließenden Metallbahnätzung.

[0017] In den Unteransprüchen finden sich bevorzugte Weiterbildungend der Erfindung.

[0018] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung werden die Hartmaskenschicht und/oder die Spacerschicht aus Wolfram hergestellt werden. Wolfram lässt sich durch den CMP-Prozess sehr gut entfernen.

[0019] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird das Wolfram unter Zugabe von Diboran abgeschieden. Somit lässt sich eine besonders feinkörnige Wolframstruktur bilden.

[0020] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird die Hartmaskenschicht photolithographisch strukturiert.

[0021] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird zwischen der isolierenden Schicht und der Hartmaskenschicht eine Haftschiht vorgesehen. Dazu eignet sich insbesondere eine dünne TiN-Schiht.

[0022] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird die Spacerschicht selektiv nur auf der Hartmaskenschicht vorgesehen.

[0023] Im folgenden wird anhand von schematischen Figuren eine Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. In den Figuren zeigen:

[0024] Fig. 1a-h die wesentlichen Prozeßschritte einer Ausführungsform des erfundungsgemäßen Verfahrens; und

[0025] Fig. 2 eine Modifikation der Schritte gemäß Fig. 1c und 1d.

[0026] Die Fig. 1a-h zeigen den schematischen Ablauf einer Kontakt-Herstellung von sogenannten W-Kontakten.

[0027] Gemäß Fig. 1a bezeichnet 10 ein Schaltungssubstrat, z. B. ein Halbleitersubstrat mit einer integrierten Schaltung, deren Details nicht näher erläutert sind. Selbstverständlich könnte 10 auch ein Leiterbahnssubstrat oder sonstiges Substrat sein.

[0028] Dargestellt in Fig. 1a ist ein aus einem Oxid bestehendes Dielektrikum bzw. eine isolierende Schicht 15 über dem Substrat 10, worin ein Kontaktloch 45 hergestellt werden soll. Dazu erfolgt zunächst ein Vorsehen einer Hartmaskenschicht 20 über der isolierenden Schicht durch Abscheidung von typischerweise 50–200 nm Wolfram.

[0029] Als nächster Schritt wird eine Photomaske 25 mit einer Öffnung 30 entsprechend dem zu bildenden Kontakt auf der Hartmaske gebildet.

[0030] Mit Bezug auf Fig. 1b folgt eine Strukturierung einer Öffnung 35 in der Hartmaskenschicht 20 gemäß dem zu bildenden Kontakt unter Verwendung der Photomaske 25.

[0031] Dann wird die Photomaske 25 entfernt, was zur in Fig. 1b gezeigten Struktur führt.

[0032] Gemäß Fig. 1c folgt das Abscheiden einer Spacerschicht 40 aus 10–50 nm Wolfram über der gesamten Struktur, so daß sich durch das Wolfram in der Öffnung 35 eine modifizierte Öffnung 35' mit verringertem Durchmesser bildet. Um die Beeinflussung der resultierenden CD durch die Kornstruktur der Wolframschicht zu begrenzen, kann bei

der Wolfram-Abscheidung Hartmaske und/oder Spacer Diboran B₂H₆ zugegeben werden, wodurch sich feinkörnige bis (amorphe) und damit glatte Wolframschichten ergeben. [0033] Gemäß Fig. 1d erfolgt dann eine anisotrope Ätzung der Spacerschicht 40, um diese vom Boden der Öffnung 35' zu entfernen.

[0034] Danach erfolgt gemäß Fig. 1e das Ätzen des Kontaktlochs 45 mittels der modifizierten Öffnung 35' mit verringertem Durchmesser als Maske. Das Kontaktloch 45 wird mit hoher Selektivität gegenüber der Spacerschicht 40 strukturiert. Dies geschieht unter Einsatz von Ar, CHF₃, CF₄ oder Ar, C₄F₈, CO, O₂ oder Ar, C₅F₈, O₂ oder Ar, C₄F₆, O₂.

[0035] Gemäß Fig. 1f folgt das Aufbringen einer Linerschicht 50 aus Titan über der resultierenden Struktur.

[0036] Gemäß Fig. 1f folgt das Aufbringen einer Schicht 60 aus dem Kontaktmaterial – hier Wolfram – über der Linerschicht 50 derart, daß das Kontaktloch 45 gefüllt und die Umgebung davon bedeckt wird.

[0037] Im nächsten Schritt erfolgt mit Bezug auf Fig. 1g und 1h ein chemisch-mechanisches Polieren der resultierenden Struktur zum Freilegen der isolierenden Schicht 15, so daß die restliche Linerschicht 50 und die restliche Schicht 60 aus dem Kontaktmaterial den Kontakt 100 bilden. Dabei vollzieht sich Entfernen der Schicht 60 aus dem Kontaktmaterial, der Linerschicht 50, der Spacerschicht 40 und der Hartmaskenschicht 20 außerhalb des Kontaktlochs 45. Der CMP-Schritt stoppt dabei auf der Schicht 15.

[0038] Anders als bei bekannten Prozessen wird die Hartmaskenschicht 20 nicht nach Übertragung der Struktur auf die Schicht 15 entfernt. Stattdessen wird die normale Prozeßführung, bestehend aus der Abscheidung des Liners (hier Ti, typischerweise auch TiN, WN, Ta/TaN o. ä.) und der Kontaktlochfüllung (zumeist W) fortgesetzt, gefolgt von dem CMP-Schritt zur Entfernung des Metalls außerhalb der Kontaktlöcher.

[0039] Dieser CMP-Schritt bremst gemäß Fig. 1g beim Erreichen des Titan im Liner 50 bei der üblichen Chemie (Eisennitrat) stark ab, so daß ein erhebliches Überpolieren ohne die Hartmaskenschicht 20 notwendig wäre. Dieses Abbremsen kann jedoch durch die unterliegende Hartmaskenschicht 20 aus Wolfram deutlich reduziert werden. Somit hat die Hartmaskenschicht 20 eine äußerst vorteilhafte Doppelfunktion als Maske und Polierhilfe beim Abtrag der Linerschicht 50.

[0040] Fig. 2 zeigt eine Modifikation der Schritte gemäß Fig. 1c und 1d. Dabei wird die Spacerschicht 40 durch CVD-Abscheidung selektiv nur auf der Hartmaskenschicht 20 vorgesehen, wodurch der Ätzschritt für die Spacerschicht 40 entfällt.

[0041] Obwohl die Erfindung mit Bezug auf bestimmte Ausführungsformen beschrieben wurde, ist sie nicht darauf beschränkt.

[0042] Es ist z. B. möglich, das Erreichen der Hartmaskenschicht durch ein Endpunkt signal während des CMP-Prozesses zu detektieren. Dazu können insbesondere Motorstrommessungen, Temperaturmessungen, optische Reflexionsmessungen, akustische- und Vibrationsmessungen oder sogar Messungen der Padverfärbung angewendet werden.

[0043] Weiterhin kann zwischen der isolierenden Schicht 15 und der Hartmaskenschicht 20 eine Haftschiht aus 2–10 nm TiN vorgesehen werden.

[0044] Auch ist die Erfindung für beliebige Materialkombinationen anwendbar.

Bereitstellen eines Schaltungsschablates (10) mit einer darüber befindlichen isolierenden Schicht (15), in der ein Kontakt (100) aus einem Kontaktlochmaterial zu bilden ist;

Vorsehen einer Hartmaskenschicht (20) über der isolierenden Schicht (15);

Strukturieren einer Öffnung (35) in der Hartmaskenschicht (20) gemäß dem zu bildenden Kontakt; optionelles Vorsehen einer Spacerschicht (40) in der Öffnung (35) zum Bilden einer modifizierten Öffnung (35') mit verringertem Durchmesser;

Ätzen eines Kontaktlochs (45) mittels der Öffnung (35) bzw. der modifizierten Öffnung (35') mit verringertem Durchmesser;

Aufbringen einer Linerschicht (50) über der resultierenden Struktur;

Aufbringen einer Schicht (60) aus dem Kontaktmaterial über der Linerschicht (50) derart, daß das Kontaktloch (45) gefüllt und die Umgebung davon bedeckt wird; und

20

chemisch-mechanisches Polieren der resultierenden Struktur zum Freilegen der isolierenden Schicht (15), so daß die restliche Linerschicht (50) und die restliche Schicht (60) aus dem Kontaktmaterial den Kontakt (100) bilden.

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hartmaskenschicht (20) und/oder die Spacerschicht (40) aus Wolfram hergestellt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Wolfram unter Zugabe von Diboran abgeschieden wird.

30

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Hartmaskenschicht (20) photolithographisch strukturiert wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der isolierenden Schicht (15) und der Hartmaskenschicht (20) eine Haftschiicht vorgesehen wird.

35

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spacerschicht (40) selektiv nur auf der Hartmaskenschicht (20) vorgesehen wird.

40

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65



- Leerseite -



FIG 1A

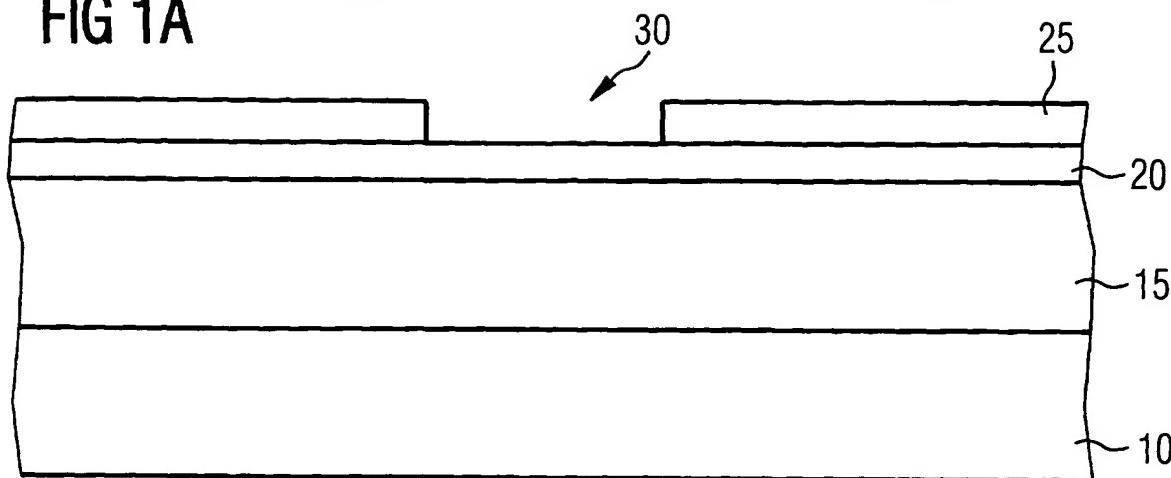


FIG 1B

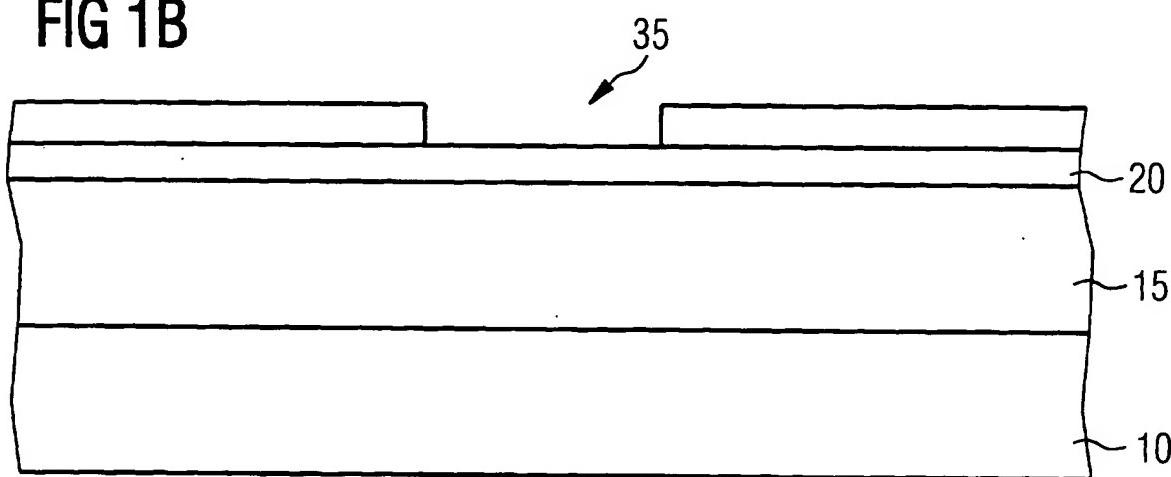


FIG 1C

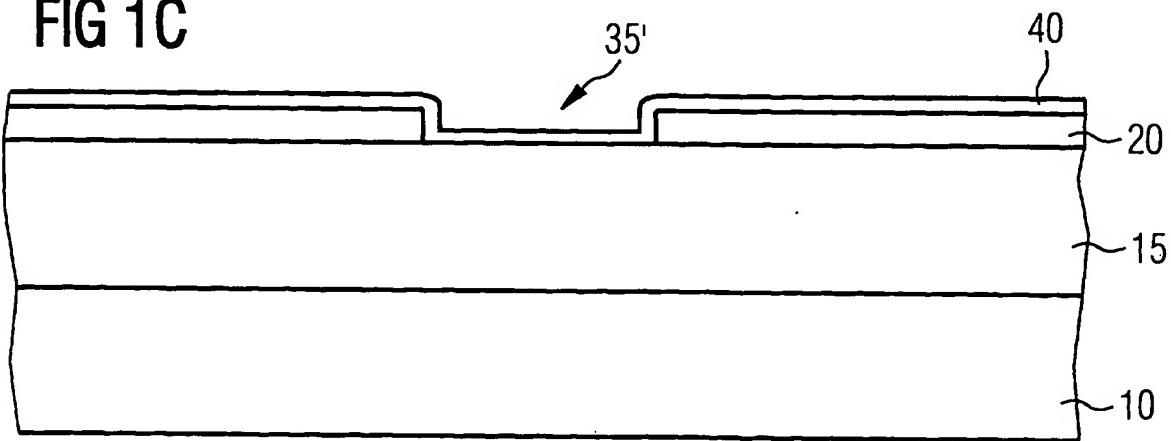


FIG 1D

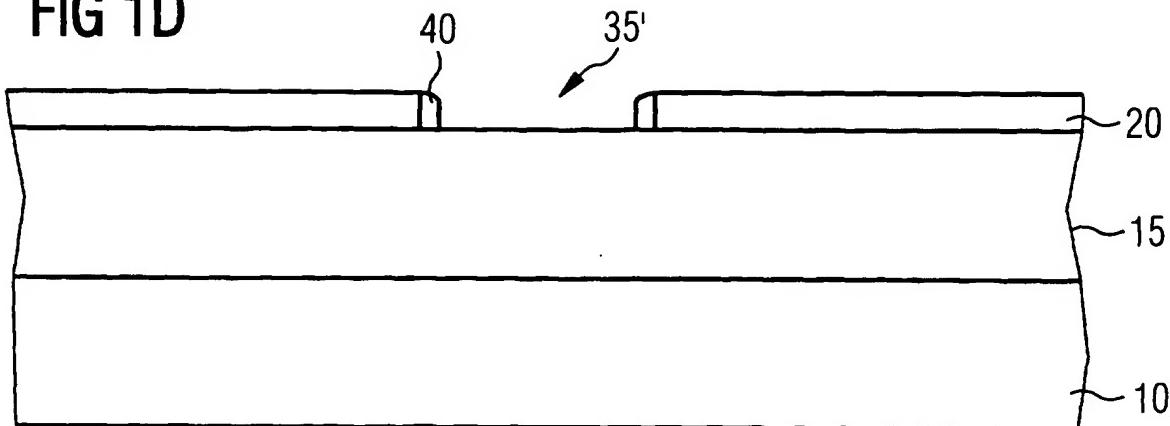


FIG 1E

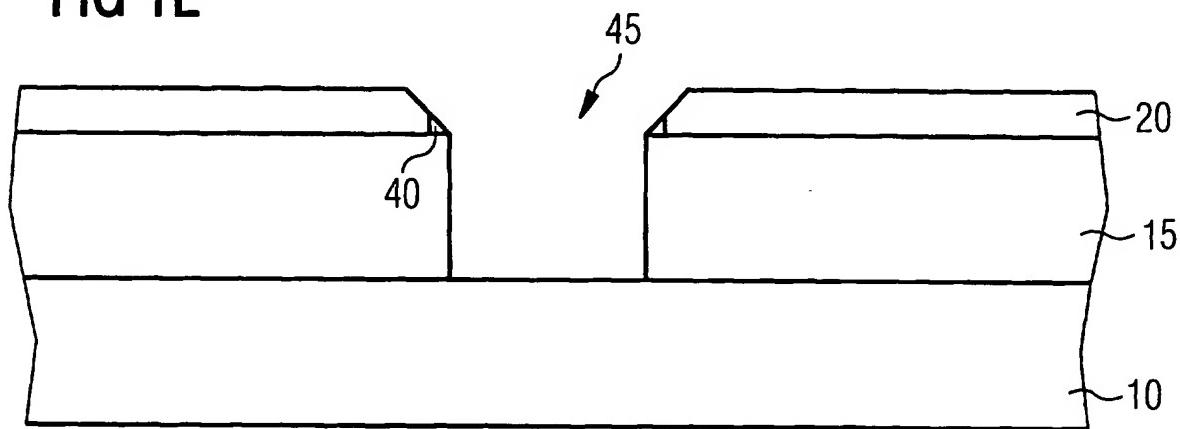


FIG 1F

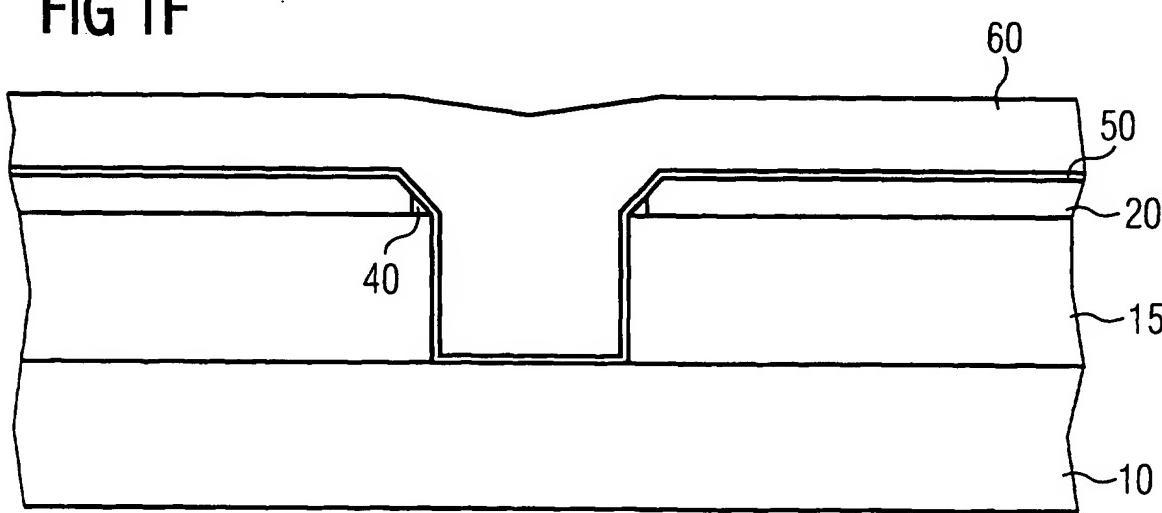


FIG 1G

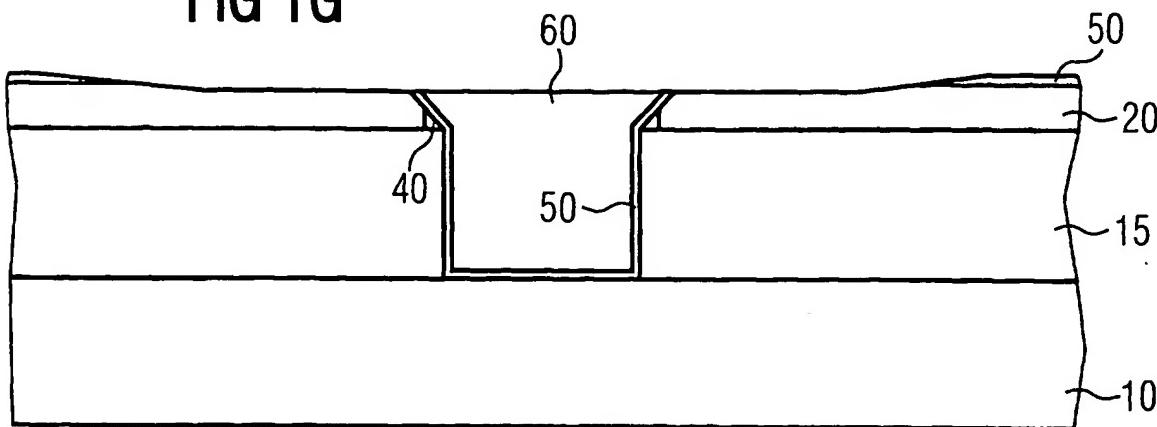


FIG 1H

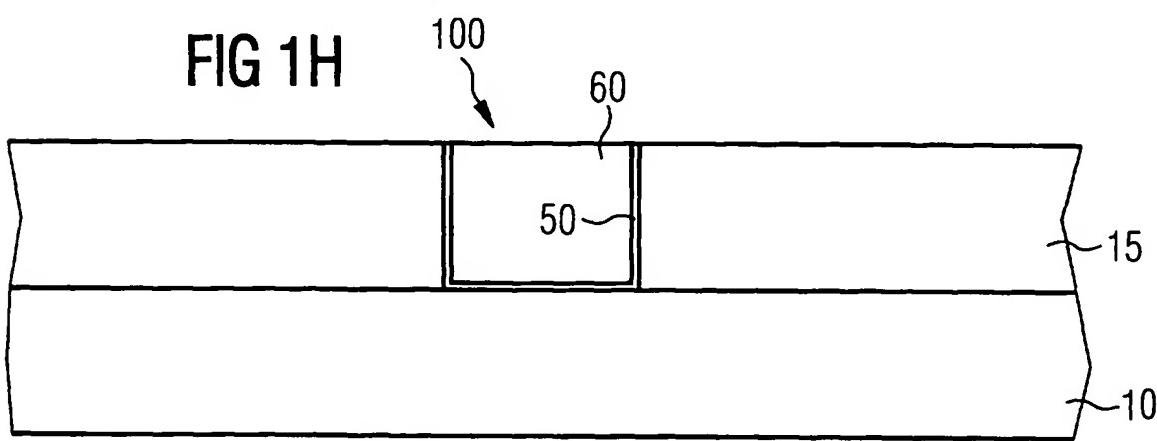


FIG 2

